

#### Розділ 4. Техніко-економічні проблеми горного виробництва

УДК 622.26

<https://doi.org/10.37101/ftpgp23.01.010>

### ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ПІДПОВЕРХОВОГО ОБВАЛЕННЯ РУДИ З ВИКОРИСТАННЯМ САМОХІДНОГО ОБЛАДНАННЯ

О.Е. Хоменко<sup>1\*</sup>, А.В. Косенко<sup>2</sup>, С.В. Дмитренко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

<sup>2</sup>Інститут фізики гірничих процесів Національної академії наук України, м. Дніпро, Україна

<sup>3</sup>ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат», м. Кривий Ріг, Україна

\* Відповідальний автор: e-mail: homenkoo@nmu.org.ua

### INTENSIFICATION OF SUB-LEVEL CAVING ORE USING SELF-PROPELLED EQUIPMENT

O.Ye. Khomenko<sup>1\*</sup>, A.V. Kosenko<sup>2</sup>, S.V. Dmitrenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

<sup>2</sup>Institute for Physics of Mining Processes of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine

<sup>3</sup>PJSC "Kryvyi Rih Iron Ore Plant", Kryvyi Rih, Ukraine

\* Corresponding author: e-mail: homenkoo@nmu.org.ua

#### ABSTRACT

**Purpose.** Creation of high-performance technology for the development of rich iron ores with the integrated use of self-propelled mining equipment in the deep horizons of the mine "Bat'kivshchna" PJSC "Kryvyi Rih iron ore plant".

**Methods.** The following research methods were used in the work: analytical in the analysis of mining-geological and mining conditions of development of deposits of rich iron ores in the field of the mine "Bat'kivshchna" of PJSC "Kryvyi Rih Iron Ore Plant"; technological design – at development of the technological scheme of sub-level caving with use of self-propelled mining equipment; economic and mathematical in determining the main technical and economic indicators for the options of the system of sub-level caving.

**Findings.** The efficiency of implementation in practice of the offered variant of the sub-level caving with complex use of self-propelled equipment on all processes of cleaning works is proved.

**Originality.** Rational parameters for the variant of the sub-level caving with complex use of self-propelled equipment on all processes of cleaning works are established and dependences of change of economic efficiency at its application on parameters of process of delivery are received.

**Practical implications.** The developed version of the sub-level caving using self-propelled mining equipment can be used both in the development of medium capacity and powerful ore deposits, and in the development of very powerful ore deposits and increases productivity on technological processes: drilling preparatory and threaded horizontal workings twice and vertical – 4 times; drilling of deep wells – 2.2 times; delivery of ore mass in 3 times – and also the worker on development system in 2.6 times.

**Keywords:** sub-level caving, self-propelled equipment, mining and geological conditions, rich iron ore, development, face-entry drivage, actual mining

## **6. ВСТУП**

Сьогодні розробка покладів багатих залізних руд на підземних рудниках ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат» здійснюється в межах глибин 1300-використанням систем підповерхового обвалення із застосуванням морально застарілого, низькопродуктивного стаціонарного та переносного гірничого обладнання. Розробка рудних покладів здійснюється за допомогою систем розробки підповерхового обвалення, конструкція яких характеризується підвищеною витратою (до 13 м на 1000 т) підготовчо-нарізних виробок та трудомісткістю їх проходки, що становить 50-60% від витрат за системою розробки; трудомісткістю випуску і доставки руди – 30-40% від витрат за системою розробки; низьким рівнем механізації праці – 35-45%; низькою продуктивністю праці робітника за системою розробки – 27-50 т на чол.- зміну [1, 2].

Зазначені проблеми викликані застосуванням низькопродуктивного стаціонарного та переносного гірничого обладнання. Тому очисні роботи супроводжуються низькою інтенсивністю, яка коливається в межах 1,2-1,8 т/м<sup>2</sup> на добу. Оскільки продуктивність скреперних лебідок, що використовуються, складає 150-220 т в зміну. З кількомісячною підготовкою очисних панелей, оскільки швидкість проходки виробок коливається в межах 40-60 м на місяць і призводить до необхідності 2-3-разового перекріплення нарізних виробок. А низька продуктивність бурових верстатів, яка коливається у межах 15-25 т в зміну, призводить до перебудування 30-40% глибоких свердловин. Введення в експлуатацію даного обладнання було реалізовано ще в 30-60-х роках минулого століття. Тому на сьогоднішній день воно вже є морально застарілим та потребує постійних ремонтів [3, 4].

Усе це викликає появу та розвиток негативних гірничо-технологічних факторів, зокрема відставання підготовчо-нарізних робіт на 3-8 років, збереження великого терміну відпрацювання блоків, що викликає значне збільшення допоміжних робіт і суттєво впливає на собівартість видобутої сировини. Усунення негативних наслідків потребує комплексного підходу до розвитку гірничо-видобувного комплексу, що полягає в підготовці та забезпеченні швидшого технічного переоснащення підземних рудників із застосуванням нових високоефективних технологій підземного видобування залізних руд [5-7].

Отже, стратегічним техніко-економічним напрямом розвитку шахт

Кривбасу є розробка раціональних варіантів технології ведення гірничих робіт, при яких застосування самохідної техніки буде найбільш раціональним, доцільним та економічно виправданим. Тому, ідея роботи полягає у ефективному використанні досягнень науково-технічного прогресу в галузі розробки новітніх варіантів технологічних схем підповерхового обвалення руди з використанням самохідної гірничої техніки [8-10]. Об'єкт дослідження – це технологічні схеми очисного виймання багатих залізних руд системами з обваленням руди та вмисних порід із застосуванням самохідної гірничої техніки. Предмет дослідження – це параметри технологічних схем процесів очисного виймання багатих залізних руд із застосуванням самохідної гірничої техніки. Мета роботи – розробка високопродуктивної технології розробки багатих залізних руд із комплексним застосуванням самохідної гірничої техніки в умовах глибоких горизонтів шахти «Батьківщина» ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат». Досягнення мети реалізується завдяки виконанню наступних завдань: проаналізувати гірничо-геологічні умови розробки родовища багатих залізних руд у полі шахти «Батьківщина», виробничу ситуацію з розвитку гірничих робіт та умови комплексного застосування в усіх технологічних процесах очисного виймання самохідної гірничої техніки; розробити технологічну схему системи розробки підповерхового обвалення із застосуванням самохідної гірничої техніки та обґрунтувати раціональні параметри її конструктивних елементів; провести техніко-економічні розрахунки базового та запропонованого варіантів системи підповерхового обвалення за фактом питомих витрат на видобування 1 т руди [11].

## **2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ**

У роботі використано наступні методи дослідження: аналітичний при аналізі гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов розробки покладів багатих залізних руд у полі шахти «Батьківщина» ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат»; технологічне проектування при розробці технологічної схеми системи підповерхового обвалення з використанням самохідної гірничої техніки; економіко-математичний при визначенні основних техніко-економічних показників за варіантами системи підповерхового обвалення [12].

У процесі виконання розрахунків основних технічних, технологічних та техніко-економічних показників різних систем розробки вони здійснювалися для одних і тих же гірничо-геологічних умов у безпосередній прив'язці до їх конструкції та графічного зображення, яке було виконане при їх конструванні. Техніко-економічні розрахунки були виконані з урахуванням діючих цін на матеріали і обладнання та заробітної плати гірників, за методикою, яка наведена у роботі [2] і за допомогою розробленої економіко-математичної моделі [13]. Ефективність доводилась по факту реалізації видобутої рудної сировини на ринку, на основі собівартості 1 т видобутку (франко-люк). Оскільки витрати, які входять у загальну шахтну собівартість, за винятком франко-люк, для обох розглянутих варіантів вважалися однаковими.

У якості реальних умов був обраний блок у поверсі 1390-1315 м в осях 0-6 покладу «Паралельний кар'єру – 5» у полі шахти «Батьківщина» ПАТ

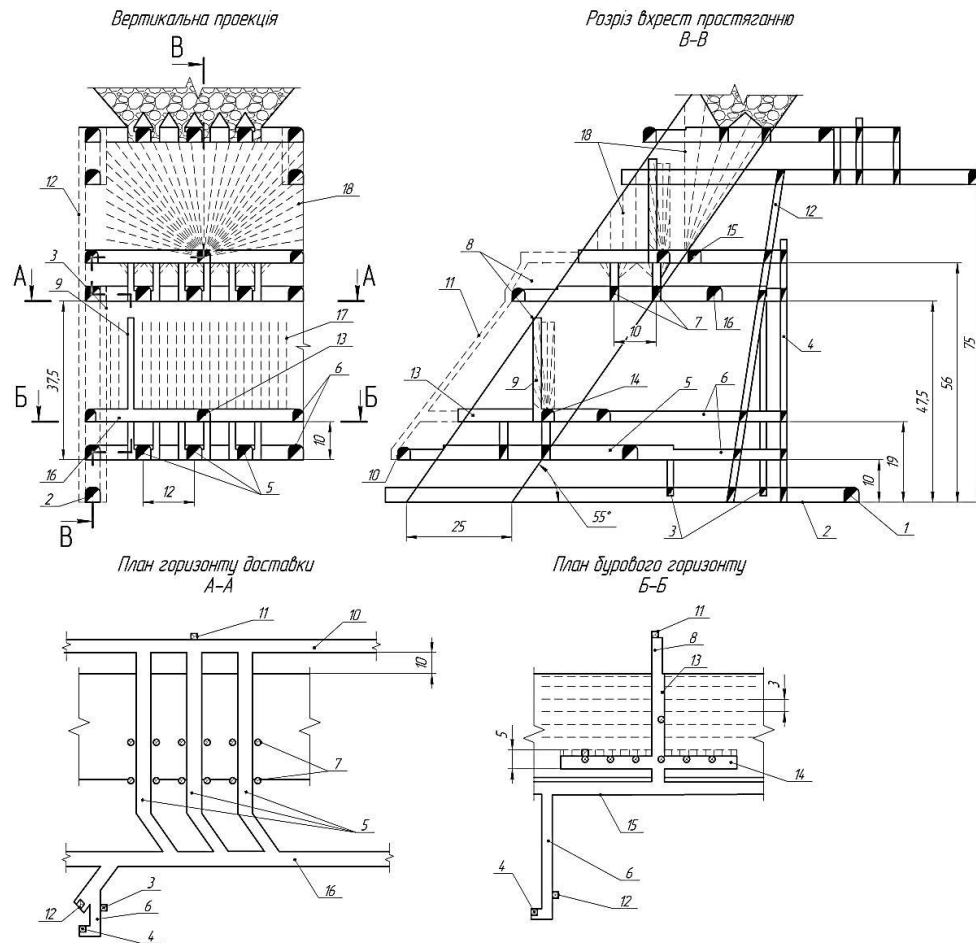
«Криворізький залізорудний комбінат». Потужність покладу змінюється від 18 до 35 м, в середньому 25 м. Поклад II класу розробки, представлений рудами з коефіцієнтом міцності  $f=5-7$  за шкалою професора М.М. Протодьяконова, а породи, що його вміщують: з лежачого боку –  $f=7-9$ ; з висячого боку –  $f=9-11$ . Кут падіння рудного покладу коливається в межах  $52-57^\circ$  (середнє значення  $55^\circ$ ).

Відпрацювання виймальних одиниць очисних блоків традиційним варіантом технології під поверхового обвалення здійснювалось за допомогою стаціонарного переносного гірничого обладнання: бурові каретки типу СБКНС-2С, що оснащені колонковими перфораторами ПК-60 і вантажно-доставна машина типу ППН-3А для проходки горизонтальних підготовчих гірничих виробок; перфоратори ПП-25МВ і скреперна лебідка 17ЛС-2С для проходки горизонтальних нарізних гірничих виробок; прохідницький комплекс КПВ і вантажно-доставна машина типу ППН-3А для проходки вертикальних підготовчих гірничих виробок; перфоратор телескопний ПТ-36 та ПТ-29М і скреперна лебідка 17ЛС-2С для проходки вертикальних і похилих нарізних гірничих виробок; станок НКР-100М для буріння глибоких свердловин; скреперні лебідки 30ЛС-2С для доставки рудної маси від виробок випуску до рудоспусків.

Для відпрацювання частини рудного покладу розробленим варіантом системи підповерхового обвалення із застосуванням самохідної техніки прийнято таке обладнання: установка бурильна шахтна Boomer 104 (Atlas Copco) і вантажно-доставна машина типу EST 2D (Atlas Copco) для проходки горизонтальних гірничих виробок; комбайн Robbins 53RH і вантажно-доставна машина типу EST 2D (Atlas Copco) для проходки вертикальних і похилих підняткових виробок; перфоратор телескопний YSP-45 (Atlas Copco) з колонкою для буріння штангових шпурів у процесі утворення випускних воронки над дучками; самохідний буровий верстат Simba H1352 (Atlas Copco) для буріння глибоких свердловин; самохідна вантажно-доставна машина Scooptram ST7 (Atlas Copco) для доставки рудної маси від виробок випуску до рудоспусків. Кріплення гірничих виробок здійснюється за допомогою анкерів із затягуванням металічними тросами і сіткою з використанням склопластикових ресорних підхватів [14].

### **3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

На основі проведених досліджень, для відпрацювання покладів багатих залізних руд на великих глибинах, розроблена типова технологічна схема варіанту системи підповерхового обвалення з відбиванням запасів глибокими свердловинами на вертикальну компенсаційну камеру, яка орієнтована за простяганням рудного покладу, із комплексним застосуванням самохідної техніки на усіх процесах очисної виїмки (рис. 1).



**Рисунок 1. Система під поверхового обвалення руди із комплексним застосуванням самохідної гірничої техніки: 1 – відкотний штрек; 2 – орти-заїзди; 3 – рудоспуски; 4 – господарчий підняттяєвий; 5 – навантажувально-доставні орти; 6 – господарчий орт; 7 – парні дучки; 8 – вентиляційний орт; 9 – відрізний підняттяєвий; 10 – збірний штрек-колектор; 11 – вентиляційний підняттяєвий; 12 – вентиляційно-ходовий підняттяєвий; 13 – буровий орт; 14 – відрізний штрек; 15 – господарчий штрек; 16 – доставний штрек; 17 – польовий транспортний штрек лежачого боку; 18 – вертикальні віяла глибоких свердловин для розбурювання запасів компенсаційної камери; 19 – вертикальні віяла глибоких свердловин**

Організація підготовчих робіт полягає в наступному. Спочатку проводяться підготовчі роботи, які реалізуються шляхом проходки: польового відкотного штреку 1; ортів-заїздів 2; блокових вентиляційно-ходових підняттяєвих 12; рудоспуску 3; господарчого підняттяєвого 4; вентиляційного збірного штреку-колектора 10. Нарізні роботи полягають у проходці: польових транспортних штреків 16; парних дучок 7; вентиляційних ортів 8; вентиляційних підняттяєвих 11; господарчого штреку 15; бурового орту 13; господарчих ортів 6; відрізного штреку 14; відрізного підняттяєвого 9. Очисні роботи в панелі починають з утворення вертикальної компенсаційної камери 17, утворенню якої передує розширення відрізного підняттяєвого 9. Після чого здійснюється

відбивання на нього 3-4 глибокі свердловини 18, що пробурені з відрізного штрека 14. Потім утворюють вертикальну компенсаційну камеру 17. Руду з компенсаційної камери 17 випускають, залишаючи захисну подушку. Після чого здійснюють масове обвалення руди за допомогою підривання зарядів вибухових речовин, які розташовані у свердловинах 18. За умов, коли руди характеризуються низькою міцністю та стійкістю і не дають змогу утворити компенсаційну камеру необхідного об'єму (20-25% від основного запасу панелі), відбивання здійснюють секціями на вертикальну відрізну щілину, а потім із сповільненням масово на затиснене рудне середовище. Випуск і доставка руди здійснюється через парні дучки 7 на підшву навантажувально-доставного орту 5, звідки самохідною навантажувально-доставною машиною навантажується і доставляється до рудоспуску 12. Провітрювання видобувних вибоїв здійснюється за допомогою наскрізного провітрювання за рахунок загальношахтної депресії.

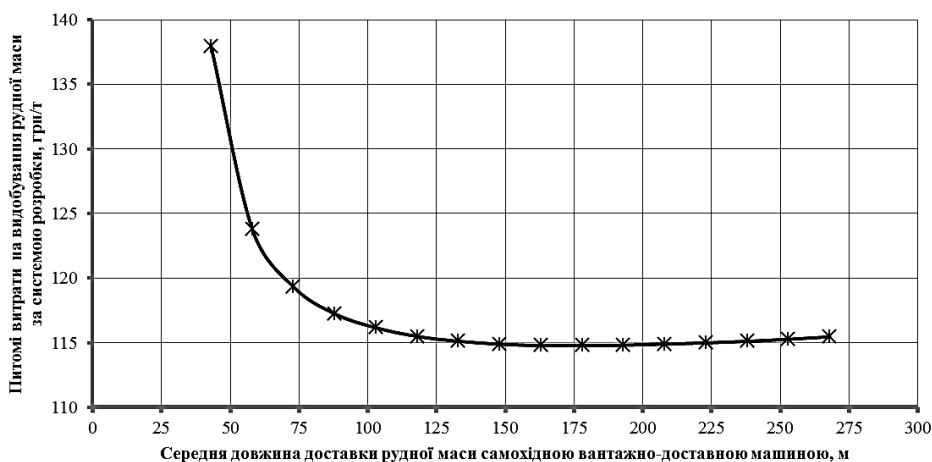
Результати техніко-економічного порівняння варіантів технології підповерхового обвалення приведені в табл. 1.

*Таблиця 1. Порівняльні техніко-економічні показники традиційного і запропонованого варіантів систем підповерхового обвалення*

№ з/п	Найменування статті витрат	Витрати за варіантами систем під поверхового обвалення, грн			
		традиційний із застосуванням стаціонарного та переносного обладнання		розроблений із комплексним застосуванням самохідної техніки	
		на блок	на 1 т	на блок	на 1 т
1	Заробітна плата:				
	а) основна	2040334,4	5,22	1354001,60	4,55
	б) додаткова	1224200,6	3,13	541600,64	1,82
2	Нарахування на зарплату	1142587,2	2,92	786674,93	2,65
3	Матеріали	28685783,00	73,37	23521164,70	79,09
4	Енергія:				
	а) стиснене повітря	600924,97	1,54	108575,46	0,37
	б) електроенергія	461473,43	1,18	584684,10	1,97
5	Амортизаційні відрахування	3601098,30	9,21	8018088,94	26,96
6	Поточний ремонт та утримання обладнання	900274,58	2,30	3207235,58	10,79
	<b>РАЗОМ:</b>	<b>38656677,00</b>	<b>98,87</b>	<b>38122025,95</b>	<b>128,19</b>
	Невраховані витрати (5%)	1932833,80	4,94	1906101,30	6,41
	<b>Собівартість видобутку</b>	<b>40589511,00</b>	<b>103,81</b>	<b>40028127,25</b>	<b>134,60</b>

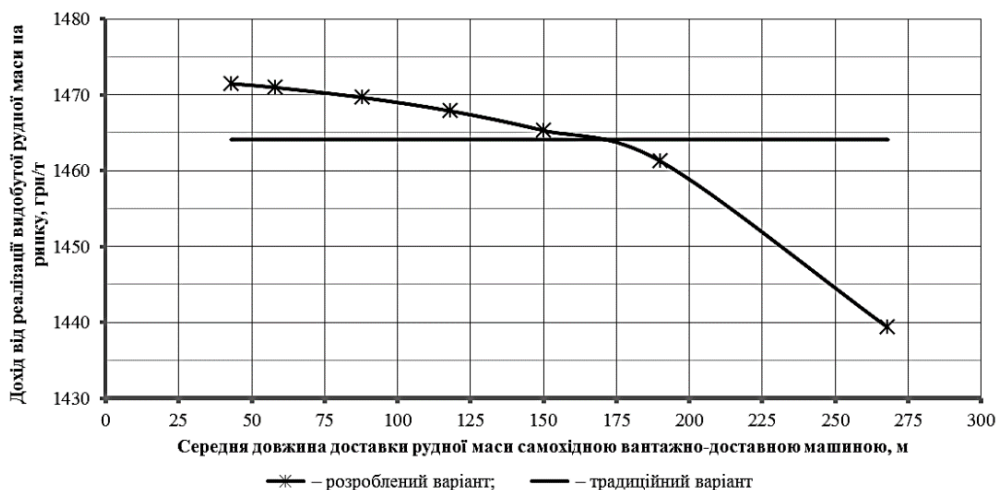
Для встановлення оптимального значення відстані між рудоспусками, яка залежить від ефективної середньої довжини доставки, встановлювалась на ос-

нові економіко-математичного моделювання, за допомогою економіко-математичної моделі [13]. Результати економіко-математичного моделювання приведені на рис 2 і 3.



*Рисунок 2. Графік залежності питомих витрат на видобування рудної маси за системою розробки від середньої довжини доставки за допомогою самохідної вантажно-доставної машини*

Як видно з рис. 2, встановлено, що при збільшенні середньої довжини доставки, тобто збільшенні відстані між зонами розвантаження рудної маси, зменшуються питомі витрати на видобуток 1 т руди за системою розробки. При цьому оптимальні параметри середньої довжини доставки знаходяться в межах 125-225 м. Але збільшення середньої довжини доставки впливає на інтенсифікацію процесу випуску руди і, як наслідок, на показники вилучення. Тому наступним етапом було визначення доходу від реалізації видобутої рудної маси на ринку. Результати розрахунків приведені на рис. 3.



*Рисунок 3. Графік залежності отриманого доходу при реалізації видобутої рудної маси на ринку від середньої довжини доставки за допомогою самохідної вантажно-доставної машини*

Як видно з рис. 3, ефективність розробленого варіанту системи підповерхового обвалення із комплексним застосуванням самохідної техніки у порівнянні з традиційною досягається при забезпеченні середньої довжини доставки самохідними ванатжно-доставними машинами Scooptram ST7 в межах 48-170 м. Основні техніко-економічні показники за варіантами систем розробки підповерхового обвалення приведені в табл. 2.

Таблиця 2. Порівняльні техніко-економічні показники традиційного і запропонованого варіантів систем підповерхового обвалення

Найменування показника	Розмірність	Традиційний варіант системи підповерхового обвалення	Розроблений варіант системи підповерхового обвалення із комплексним застосуванням самохідної техніки
Балансовий запас руди в блоці	тис. т	405,00	308,00
Питомі витрати підготовчо-нарізних виробок	м/1000 т	3,87	4,40
	м <sup>3</sup> /1000 т	22,2	31,30
Продуктивність праці			
на бурінні свердловин	т/зміну	715,00	1616
на доставці	т/зміну	680	1300
за системою розробки	т/зміну	44,30	124,80
Час відпрацювання блоку	міс.	7,20	2,60
Середній вміст заліза:			
- в рудному масиві	%	56,60	56,60
- в породах, що збіднюють	%	34,70	34,70
у видобутій рудній масі	%	53,73	54,48
Втрати руди	%	17,50	13,80
Збіднення рудної маси	%	14,20	10,50
Обсяг видобутої рудної маси	тис. т	389,00	297,00
Відносне вилучення руди	част. од.	0,96	0,96
Собівартість видобутку 1 т руди за системою розробки	грн./т	101,13	112,1
Додаткові питомі капітальні вкладення	грн./т	–	10,50
Оптова ціна 1 т руди з вмістом заліза 62%	грн.	1889,40	1889,40
Оптова ціна 1 т руди при даному вмісті заліза	грн.	1629,60	1653,10
Дохід від реалізації видобутої рудної сировини	грн.	633914400,00	490970700,00
Питомий економічний ефект	грн./т	–	7,37
	%	–	0,50



#### 4. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Застосування конструкцій днищ з одностороннім і двостороннім випуском надає можливість забезпечити високі показники вилучення, оскільки відстань між навантажувально-доставними виробками повинна бути не менше трикратної ширини самої виробки, що спричиняє великим втратам руди у гребнях, які формуються у процесі випуску поміж виробками. А зменшення їх відстані призводить до руйнування самих виробок. Тому раціональною є схема застосування випуску руди через випускні дучки, що дозволить більш рівномірно здійснювати випуск за площею днища блоку [15].

Приведені результати досліджень підтверджують той факт, що проблема раціональної розробки родовищ корисних копалин на великих глибинах повинна вирішуватися головним чином на основі комплексного застосування самохідної прохідницької, бурової і доставної техніки. Також, у ході проведення досліджень встановлено, що перспективи розвитку підземної геотехнології рудних родовищ на великих глибинах пов'язані з необхідністю вирішення таких ключових проблем: зниження до конкурентоспроможного рівня витрат на видобуток; підвищення якісних і кількісних показників вилучення; утримання річної продуктивності шахт на проектній позначці.

Результати досліджень дали змогу розробити варіант системи підповерхового обвалення із комплексним застосуванням самохідної техніки на всіх процесах очисної виїмки. У якості проектного для шахти «Батьківщина» прийнято самохідну гірничу техніку, яка при високій вартості характеризується значно вищими показниками продуктивності. Також зазначимо той факт, що не було включено до розрахунків поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці гірників та підвищення безпеки ведення гірничих робіт. Також необхідно відзначити той факт, що амортизаційні відрахування перевищать собівартість самохідної техніки вже через 5 років, тому після цього терміну запропонований варіант системи розробки буде ще більш ефективнішим!

Подальші дослідження у рамках даної проблеми доцільно зосередити на вивченні комплексних заходів, що включають в себе нові технології розкриття та підготовки родовищ за допомогою самохідної прохідницької техніки.

#### 5. ВИСНОВКИ

Результати дослідження зводяться до наступного:

1. Основні ресурси багатих залізних руд, що характеризуються середньою та нижче середньої міцністю та стійкістю знаходяться в полі шахти «Батьківщина» ПрАТ «Криворізький залізорудний комбінат», яка є найбільш потужною, у плані річного видобутку, концентрації балансових запасів і вмістом корисного компоненту.

2. З огляду практики системи розробки підповерхового обвалення в умовах шахти «Батьківщина» встановлено, що її варіанти характеризуються: складною конструкцією; проходкою усіх нарізних підповерхових виробок, а особливо вертикальних, за допомогою використання фізичної праці гірників, з використанням малопродуктивного гірничого обладнання, в крайнє неспри-

ятливих санітарно-гігієнічних та небезпечних умовах праці; низькою продуктивністю праці робітника за системою розробки, яка складає 27-50 т/чол.- зміну.

3. Установлено, що підвищення ефективності систем підповерхового обвалення, продуктивності праці, безпечних та санітарно-гігієнічних умов праці робітника здійснюється за рахунок комплексного застосування високопродуктивної самохідної гірничої техніки.

4. Запропонований варіант системи розробки підповерхового обвалення із використанням самохідної гірничої техніки може застосовуватися, як при розробці середньої потужності і потужних рудних покладів, так і при розробці дуже потужних рудних покладів та дозволяє підвищити продуктивність праці на технологічних процесах: проходки підготовчо-нарізних горизонтальних виробок у 2 рази та вертикальних – у 4 рази; буріння глибоких свердловин – у 2,2 рази; доставки рудної маси у 3 рази – а також робітника за системою розробки у 2,6 рази.

Отже, незважаючи на великі амортизаційні відрахування та інші витратні показники розробленого варіанту системи підповерхового обвалення з використанням сучасної самохідної гірничої техніки, було доведено ефективність його впровадження на практиці.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Хоменко, О.Е., Кононенко, М.Н. (2016). *Вскрытие и подготовка рудных месторождений при подземной разработке*. Д.: НГУ, 101 с.
2. Кононенко, М.М., Хоменко, О.Є., Усатий, В.Ю. (2013). *Вибір і розрахунок систем підземної розробки рудних родовищ*. Д.: НГУ, 217 с.
3. Ступник, Н.И., Кудрявцев, М.И., Басов, А.М. (2010). Пути совершенствования технологии подземной разработки богатых железных руд Кривбасса. *Вісник КТУ*, (26), 4–6.
4. Федько, М.Б., Зенюк, Д.Ф. (2011). Удосконалення системи розробки з підповерховим обваленням руди. *Вісник КТУ*, (29), 4–6.
5. Ступник, М.І., Калініченко, О.В., Калініченко, В.О. (2012). Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування самохідної техніки на шахтах Кривбасу. *Науковий вісник Національного гірничого університету*, (5), 39–42.
6. Тарасютін В. М., & Косенко А. В. (2018). Обґрунтування ресурсозберігаючих технологічних процесів при підземному видобутку різносортних залізних руд Кривбасу. *Вісник КНУ*, (46), 152–159.
7. Чернокур, В.Р., Шкробко, Г.С., Шелегеда, В.И. (1992). *Добыча руд с подэтажным обрушением*. М.: Недра, 271 с.
8. Sraj Banda Umar (2013). Rock Mass Characterization and Conceptual Modeling of the Printzsköld Orebody of the Malmberget Mine, Sweden / Sraj Banda Umar, Jonny Sjöberg and Erling Nordlund. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 3(4), 147–173.
9. Castro, R.L., Vargas, R., Huerta, F. (2012). Determination of drawpoint spacing in panel caving: a case study at the El Teniente Mine. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, (112), 871–876.
10. Blachowski, J., Ellefmo, S. (2012). Numerical modelling of rock mass deformation in sublevel caving mining system. *Acta Geodyn. Geomater*, 9(3(167)), 379–388.

11. Калиниченко, В.А., Жуков, С.А., Калиниченко Е.В. *Тенденции в развитии горнодобывающего комплекса и проблемы технического перевооружения подземных рудников*. Кривой Рог: Минерал, 172 с.
12. Белгородцев, О.В., Громов, Е.В., Мельник, В.Б. (2016). Обоснование систем разработки и их конструктивных параметров в условиях интенсификации добычи при отработке запасов глубоких горизонтов мощных рудных месторождений. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, (4), 122–130.
13. Косенко А.В. (2017). Удосконалення та обґрунтування проектних рішень у разі застосування самохідної навантажувально-доставочної техніки на технологічному процесі доставки рудної маси (на прикладі шахти «Октябрська» ПАТ «Кривбасзалізрудком»). *Молодий вчений*, 2 (42), 183–190.
14. Кузьмин Е.В. (2015). Современные тенденции в технологии подземной разработки рудных месторождений. *Вестник Российской академии естественных наук* (4), 2–4.
15. Тарапата, В.Я., Караманиц, Ф.И., Ричко, В.С., Плужник, Ю.А. (2011). Перспективы технического и технологического перевооружения подземной добычи руды на глубоких горизонтах шахт Кривбасса, *Вісник КТУ*, (28), 3–6.

## REFERENCES

1. Khomenko, O.Ye., Kononenko, M.N. (2016). *Vskrytiye i podgotovka rudnykh mestorozhdeniy pri podzemnoy razrabotke*. D.: NGU, 101 s.
2. Kononenko, M.M., Khomenko, O.Ye., Usatyy, V.Yu. (2013). *Vybir i rozrakhunok system pidzemnoyi rozrobky rudnykh rodovyshch*. D.: NHU, 217 s.
3. Stupnik, N.I., Kudryavtsev, M.I., Basov, A.M. (2010). Puti sovershenstvovaniya tekhnologii podzemnoy razrabotki bogatykh zheleznykh rud Krivbassa. *Visnik KТУ*, (26), 4–6.
4. Fed'ko, M.B., Zenyuk, D.F. (2011). Udoskonalennya systemy rozrobky z pidpoverkhovym obvalennyam rudy. *Visnyk KТУ*, (29), 4–6.
5. Stupnik, M.I., Kalinichenko, O.V., Kalinichenko, V.O. (2012). Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannya dotsil'nosti zastosuvannya samokhidnoyi tekhniki na shakhtakh Kryvbasu. *Naukovyy visnyk Natsional'noho hirnychoho universytetu*, (5), 39–42.
6. Tarasyutin V.M., & Kosenko A.V. (2018). Obhruntuvannya resursozberihayuchykh tekhnolohichnykh protsesiv pry pidzemnomu vydobutku riznosortnykh zaliznykh rud Kryvbasu. *Visnyk KNU*, (46), 152–159.
7. Chernokur, V.R., Shkrebko, G.S., Shelegeda, V.I. (1992). *Dobycha rud s podetazhnym obrusheniyem*. M.: Nedra, 271 s.
8. Sraj Banda Umar (2013). Rock Mass Characterization and Conceptual Modeling of the Printzsköld Orebody of the Malmberget Mine, Sweden / Sraj Banda Umar, Jonny Sjöberg and Erling Nordlund. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 3(4), 147–173.
9. Castro, R.L., Vargas, R., Huerta, F. (2012). Determination of drawpoint spacing in panel caving: a case study at the El Teniente Mine. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, (112), 871–876.
10. Blachowski, J., Ellefmo, S. (2012). Numerical modelling of rock mass deformation in sublevel caving mining system. *Acta Geodyn. Geomater*, 9(3(167)), 379–388.
11. Kalinichenko, V.A., Zhukov, S.A., Kalinichenko Ye.V. *Tendentsii v razvitii gornodobyvayushcheg kompleksa i problemy tekhnicheskogo perevooruzheniya podzemnykh rudnikov*. Kрivoy Rog: Mineral, 172 s.

12. Belogorodtsev, O.V., Gromov, Ye.V., Mel'nik, V.B. (2016). Obosnovaniye sistem razrabotki i ikh konstruktivnykh parametrov v usloviyakh intensivatsii dobychi pri otrabotke zapasov glubokikh gorizontov moshchnykh rudnykh mestorozhdeniy. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*, (4), 122–130.

13. Kosenko A.V. (2017). Udoskonalennya ta obgruntuvannya proektnykh rishen' u razi zastosuvannya samokhidnoyi navantazhuval'no-dostavochnoyi tekhniki na tekhnolohichnomu protsesi dostavky rudnoyi masi (na prykladi shakhty «Oktyabrs'ka» PAT «Kryvbaszalizrudkom»). *Molodyy vchenyy*, 2 (42), 183–190.

14. Kuz'min Ye.V. (2015). Sovremennyye tendentsii v tekhnologii podzemnoy razrabotki rudnykh mestorozhdeniy. *Vestnik Rossiyskoy akademii yestestvennykh nauk* (4), 2–4.

15. Tarapata, V.YA., Karamanits, F.I., Richko, V.S., Pluzhnik, YU.A. (2011). Perspektivy tekhnicheskogo i tekhnologicheskogo perevoorzheniya podzemnoy dobychi rudy na glubokikh gorizontakh shakht Krivbassa, *Visnik KTU*, (28), 3–6.

## **ABSTRACT (IN UKRAINIAN)**

**Мета.** Створення високопродуктивної технології розробки багатих залізних руд із комплексним застосуванням самохідної гірничої техніки в умовах глибоких горизонтів шахти «Батьківщина» ПАТ «Криворізький залізрудний комбінат».

**Методика.** У роботі використано наступні методи дослідження: аналітичний при аналізі гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов розробки покладів багатих залізних руд у полі шахти «Батьківщина» ПАТ «Криворізький залізрудний комбінат»; технологічного проектування – при розробці технологічної схеми системи підповерхового обвалення з використанням самохідної гірничої техніки; економіко-математичний при визначенні основних техніко-економічних показників за варіантами системи підповерхового обвалення.

**Результати.** Доведена ефективність впровадження на практиці запропонованого варіанту системи підповерхового обвалення із комплексним застосуванням самохідної техніки на усіх процесах очисних робіт.

**Наукова новизна.** Встановлені раціональні параметри для варіанту системи підповерхового обвалення із комплексним застосуванням самохідної техніки на усіх процесах очисних робіт та отримано залежності зміни економічної ефективності при його застосуванні від параметрів процесу доставки.

**Практична значимість.** Запропонований варіант системи розробки підповерхового обвалення із використанням самохідної гірничої техніки може застосовуватися як при розробці середньої потужності і потужних рудних покладів, так і при розробці вельми потужних рудних покладів та дозволяє підвищити продуктивність праці на технологічних процесах: проходки підготовчонарізних горизонтальних виробок у 2 рази та вертикальних – у 4 рази; буріння глибоких свердловин – у 2,2 рази; доставки рудної маси у 3 рази – а також робітника за системою розробки у 2,6 рази.

**Ключові слова:** підповерхове обвалення, самохідна техніка, гірничо-геологічні умови, багаті залізні руди, підготовчі роботи, нарізні роботи, очисні роботи

**ABSTRACT (IN RUSSIAN)**

**Цель.** Создание высокопроизводительной технологии разработки богатых железных руд с комплексным использованием самоходной горной техники в условиях глубоких горизонтов шахты «Родина» ПАО «Криворожский железорудный комбинат».

**Методика.** В работе использованы следующие методы исследования: аналитический при анализе горно-геологических и горнотехнических условий разработки залежей богатых железных руд в поле шахты «Родина» ПАО «Криворожский железорудный комбинат»; технологическое проектирование – при разработке технологической схемы системы подэтажного обрушения с использованием самоходной горной техники; экономико-математический при определении основных технико-экономических показателей по вариантам системы подэтажного обрушения.

**Результаты.** Доказана эффективность внедрения на практике предложенного варианта системы подэтажного обрушения с комплексным использованием самоходной техники на всех процессах очистных работ.

**Научная новизна.** Установлены рациональные параметры для варианта системы подэтажного обрушения с комплексным использованием самоходной техники на всех процессах очистных работ и получены зависимости изменения экономической эффективности при его применении от параметров процесса доставки.

**Практическая значимость.** Предложенный вариант системы разработки подэтажного обрушения с использованием самоходной горной техники может применяться как при разработке средней мощности и мощных рудных залежей, так и при разработке весьма мощных рудных залежей и позволяет повысить производительность труда на технологических процессах: проходки подготовительно-нарезных горизонтальных выработок в 2 раза и вертикальных – в 4 раза; бурения глубоких скважин – в 2,2 раза; доставки рудной массы в 3 раза – а также рабочего по системе разработки в 2,6 раза.

**Ключевые слова:** подэтажное обрушение, самоходная техника, горно-геологические условия, богатые железные руды, подготовительные работы, нарезные работы, очистные работы

**ABOUT AUTHORS**

Khomenko Oleh, Doctor of Technical Science, Professor, Dnipro University of Technology, Professor of the Mining Engineering and Education Department, 19 Yavornytskoho Ave., Dnipro, Ukraine, 49005. E-mail: rudana.in.ua@gmail.com

Kosenko Andrii, Junior Researcher, Institute for Physics of Mining Processes of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, 2A Simferopolskaya Street, Dnipro, Ukraine, 49600. E-mail: andreyvladimirovich@email.ua

Dmitrenko Stanislav, Head of The Mining Section of the "Batkivshchtna" mine, PJSC "Kryvyi Rih Iron Ore Plant", 1A Simbirtseva Street, Kryvyi Rih, Ukraine. E-mail: krruda@krruda.dp.ua